

Verfahren zur Oberflächenstrukturierung einer synthetischen Faser, Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens sowie rundum flächig profilierte Faser.

Technisches Gebiet

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Oberflächenstrukturierung einer synthetischen Faser gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1, eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens sowie eine rundum flächig profilierte Faser.

Stand der Technik

- 10 Zahlreiche Verbesserungen in der Technologie der synthetischen Fasern beruhen auf einer Vergrösserung der Faseroberfläche. In diesem Zusammenhang sind verschiedene Verfahren bekannt, durch die man die Oberfläche von synthetischen Fasern, Filamenten und/oder Garnen beeinflussen bzw. verändern kann.
- 15 Bei einem vielfach angewandten Verfahren zur Herstellung synthetischer Fasern werden die Fasern durch Spinn Düsen mit geeignet geformtem Öffnungsprofil hergestellt. Beispielsweise können Spinn Düsen mit sternartigem Öffnungsprofil verwendet werden, um eine Faser mit einem entsprechenden Querschnittsprofil zu bilden. Bei einem weiteren bekannten Verfahren wird die Faser in Längsrichtung
- 20 aufgespaltet, um dadurch so genannte Mikrofasern herzustellen.

Nachteilig bei diesen Verfahren ist jedoch, dass die Profilierung nur in der Spinn- bzw. Spalttrichtung, d.h. im Wesentlichen in Längsrichtung der Faser stattfindet, was nachfolgend als "Längsprofilierung" der Faseroberfläche bezeichnet wird.

- 25 Nicht machbar ist demgegenüber eine nachfolgend als "flächige Profilierung" bezeichnete Bearbeitung der Faseroberfläche, bei der die Profilierung sowohl in Längs- als auch in Querrichtung der Faseroberfläche verläuft. Ein weiterer Nachteil der bekannten Verfahren besteht darin, dass die Feinheit der Profilierung durch die Herstellung der Spinn Düsen sowie die Viskosität der Spinnmasse gegeben ist. Demnach ist die Profilierung eher grob und weist Strukturen mit einer
- 30 Grösse von weit mehr als 1 μm auf. Schliesslich bewirken diese Verfahren zwar

eine Vergrößerung der Faseroberfläche, doch lässt sich die Struktur der Oberfläche nicht verändern.

Ein Verfahren, um eine Faser mit einem an sich beliebigen, längsförmig oder flächig ausgebildeten Oberflächenprofil auszustatten, ist im US-Patent 6,117,383 beschrieben. Insbesondere zielt das Verfahren auf die Herstellung verbesserter Saiten für Tennis-, Badminton- und Squash-Schläger ab. Bei diesem Verfahren wird eine im Wesentlichen zylinderförmige, ungeheizte Kunststoffsaite durch Einwirkung von paarweise zusammenwirkenden Prägewalzen plastisch verformt und dadurch mit einer vorgegebenen Oberflächenstruktur ausgestattet. Saitenmaterial und Prägedruck sind bei diesem Verfahren so zu wählen, dass eine im Wesentlichen irreversible plastische Verformung bewirkt wird, wodurch auf eine Nachbehandlung der geprägten Saite verzichtet werden kann. Die Profiltiefe wird dabei durch den Abstand der sich gegenüberliegenden Prägewalzen definiert, welche in der Art eines Zahn- oder Schneidrades geformt sind. Der Walzenabstand muss bezogen auf den Aussendurchmesser der zu bearbeitenden Saite um einen der gewünschten Profiltiefe entsprechenden Betrag kleiner sein. Auf diese Weise lassen sich Saiten eines Aussendurchmessers von 1,0 bis 1,8 mm mit einer Oberflächenstruktur ausstatten, die beispielsweise aus einer Vielzahl von Einkerbungen einer Tiefe von ungefähr 2 bis 20% des Aussendurchmessers besteht.

Ein Nachteil des bekannten Verfahrens und der zugehörigen Vorrichtung besteht darin, dass das Verfahren für die Bearbeitung von Fasern mit einem wesentlich geringeren Aussendurchmesser von beispielsweise 0,1 mm oder weniger nicht geeignet ist. Denn einerseits müsste - bei einer relativen Profiltiefe von 10% des Aussendurchmessers - der Abstand der Prägewalzen mit einer Genauigkeit von deutlich besser als 0,01 mm eingestellt werden, was mit der beschriebenen Vorrichtung jedoch nicht machbar wäre. Andererseits müssten Prägewalzen mit einem äusserst feinen Prägeprofil von deutlich weniger als 0,01 mm verwendet werden, um auf einer derart feinen Faser eine praktisch brauchbare Oberflächen-

strukturierung herzustellen. Die in der Art eines Zahn- oder Schneidrades geformten Prägewalzen lassen sich jedoch nicht mit einer derart fein strukturierten Oberfläche herstellen. Ein weiterer Nachteil des bekannten Verfahrens besteht darin, dass die Faser beim Durchgang zwischen einem Paar von Prägewalzen nicht auf
5 ihrem ganzen Umfang, sondern lediglich in zwei längsstreifenförmigen Zonen mit der gewünschten Oberflächenstruktur versehen wird. Dem US-Patent 6,117,383 ist keinerlei Hinweis zu entnehmen, um die dort beschriebene Lehre für die Prägung von dünnen Fasern wie beispielsweise synthetische Textilfasern zu verwenden.

10

Das US-Patent 4,109,356 betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Texturieren von synthetischem Textilmaterial aus einem Stapelfaserband oder aus Endlosfilamenten mittels mechanisch aufgebrachter Verformung des Materials. Die dabei verwendeten Prägestation beinhaltet eine angetriebene, unelastische,
15 beheizte erste Walze und eine mit dieser zusammenwirkende elastische zweite Walze. Die aus Stahl oder einem anderen harten Material gefertigte unelastische Walze weist ein erhabenes Muster von eng benachbarten Pyramiden auf, die beispielsweise durch Gravieren gebildet wurden. Die elastische Walze ist mit entsprechenden pyramidenförmigen Vertiefungen ausgestattet. Die verwendeten
20 Prägemuster weisen bis zu 300 Pyramiden auf einer Strecke von 25.4 mm auf, d.h. der Abstand der einzelnen Strukturelemente beträgt rund 85 µm.

Darstellung der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein verbessertes Verfahren zur Oberflächenstrukturierung einer synthetischen Faser anzugeben und eine Vorrichtung zur Durchfüh-
25 rung des Verfahrens bereitzustellen, um insbesondere feiner strukturierte Faseroberflächen herzustellen. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine rundum flächig profilierte Faser bereitzustellen.

30 Gelöst werden diese Aufgaben durch das im Anspruch 1 definierte Verfahren, die im Anspruch 6 definierte Vorrichtung und die im Anspruch 10 definierte Faser.

Beim erfindungsgemässen Verfahren zur Oberflächenstrukturierung einer synthetischen Faser wird eine im Wesentlichen zylinderförmige Faser durch plastisches Verformen mit einer vorgegebenen Oberflächenstruktur ausgestattet. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte: Bereitstellen der Faser in einem plastisch verformbaren Zustand; plastisches Verformen der Faser durch Prägen mittels mindestens einer mikrolithographisch strukturierten Prägewalze, die mit mindestens einer Anpresswalze zusammenwirkt, wobei jede Prägewalze und eine jede Anpresswalze eine dazwischen liegende Prägezone für die Faser definieren, und wobei jede Prägewalze eine Strukturfeinheit von höchstens 10 µm aufweist; und Überführen der Faser in einen erstarrten Zustand unter Beibehaltung der ausgebildeten Oberflächenstruktur.

Davon ausgehend, dass die Prägestruktur aus einer Vielzahl von Strukturelementen in Form von Erhebungen und Vertiefungen der Walzenoberfläche gebildet ist, wird unter "Strukturfeinheit" die Breite bzw. Tiefe der kleinsten Strukturelemente definiert. Es sind verschiedene mikrolithographische Verfahren bekannt, um eine Oberfläche mit einer Prägestruktur einer Feinheit von 10 µm oder auch wesentlich weniger auszustatten.

Das Bereitstellen der Faser in einem plastisch verformbaren Zustand kann dabei auf verschiedenen Arten erfolgen. Insbesondere kann die Faser in einem Nass-, Schmelz- oder Trockenspinnverfahren hergestellt und die durch den Spinnvorgang noch weiche Faser direkt dem Verformungsschritt zugeführt werden. Alternativ kann in einem Schmelz-Spinnverfahren von einer bereits erstarrten Faser ausgegangen und diese unmittelbar vor dem Verformungsschritt thermisch aufgeweicht werden. Weitere Möglichkeiten beruhen auf Fasern aus thermisch oder UV-vernetzbaaren Materialien, die von einem anfänglich vorliegenden plastisch verformbaren Zustand durch eine Wärmebehandlung beziehungsweise durch Bestrahlung mit UV-Licht aufgrund der dabei erfolgenden Vernetzung in einen erstarrten Zustand umgewandelt wird.

Dadurch, dass das Prägen der Faser in einem plastisch verformbaren Zustand erfolgt und anschliessend die Faser in einen erstarrten, d.h. nicht verformbaren Zustand gebracht wird, kann mit nur geringen Prägedrucken gearbeitet werden. Insbesondere erlaubt dies die Verwendung einer mikrolithographisch strukturierten Prägewalze, mittels welcher die Faser mit einer sehr feinen Oberflächenstruktur ausstatten lässt.

Die erfindungsgemässe Vorrichtung weist Vortriebsmittel für mindestens eine Faser sowie folgende, in Vortriebsrichtung nacheinander angeordnete Bestandteile auf: Vorrichtung zur Bereitstellung der Faser in einem plastisch verformbaren Zustand; Prägestation; und Nachbehandlungsvorrichtung zur Überführung der Faser in einen erstarrten Zustand. Dabei weist die Prägestation mindestens eine mit einer mikrolithographisch gebildeten Prägestruktur versehene Prägewalze sowie mindestens eine damit zusammenwirkende Anpresswalze auf, wobei jede Prägewalze eine Strukturfeinheit von höchstens 10 μm aufweist, und wobei jede Prägewalze und eine jede Anpresswalze eine dazwischen liegende Prägezone für die Faser definieren. Als Vortriebsmittel können an sich bekannte Vorrichtungen mit angetriebenen Rollen und dergleichen eingesetzt werden, wobei unter anderem auch die Prägewalze und oder die Anpresswalze(n) angetrieben sein können. Jede Prägewalze und eine jede zugeordnete Anpresswalze sind mit einander gegenüberliegenden Mantelflächen angeordnet, wobei sich die Prägezone im Bereich des kürzesten Abstandes zwischen jedem Paar zusammenwirkender Walzen befindet. Dieser Abstand ist geringfügig kleiner als der Aussendurchmesser der durchgeführten Faser.

25

Mit dem erfindungsgemässen Verfahren bzw. der erfindungsgemässen Vorrichtung lässt sich insbesondere eine Faser herstellen, welche eine rundum verlaufende, flächig profilierte Oberflächenstruktur aufweist.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

30

Bei der Ausführungsform nach Anspruch 2 wird die Faser durch eine Mehrzahl von Prägezonen geführt, wobei in jeder Prägezone ein bislang ungeprägter Teil der Faseroberfläche geprägt wird. Dies lässt sich beispielsweise durch eine Anordnung mit mehreren Anpresswalzen realisieren, wobei eine jede Anpresswalze zusammen mit der Prägewalze eine einzelne Prägezone definiert. Bei dieser Variante ist die Zahl der Prägezonen durch die Zahl der zusammenwirkenden Walzenpaare gegeben. Alternativ kann jedoch ein einzelnes Paar zusammenwirkender Walzen mehrere Prägezonen definieren, indem beispielsweise gemäss Anspruch 3 die Faser schraubenförmig mit einer Mehrzahl von Windungen um die Prägewalze geführt wird. Demnach befinden sich im Zwischenraum des einzelnen Paares zusammenwirkender Walzen mehrere nebeneinander angeordnete Prägezonen, welche von der Faser aufgrund der schraubenförmigen Führung nacheinander durchlaufen werden. Die Ausführungsform nach Anspruch 3 ist allerdings auch bei einer Anordnung mit mehreren Anpresswalzen durchführbar.

15

Anspruch 4 definiert eine besonders bevorzugte Ausführungsform, bei der die Prägewalze und eine jede mit dieser zusammenwirkenden Anpresswalze mit gegeneinander verschränkten Drehachsen betrieben werden. Dies hat eine Torsion der durchlaufenden Faser zur Folge, so dass beim Durchlaufen einer ersten Prägezone die Faser um einen gewissen Drehwinkel um ihre Längsachse verdrillt wird. Damit lässt sich insbesondere erreichen, dass beim Eintritt in die nachgeordnete Prägezone ein bislang ungeprägter Teil der Faseroberfläche in Kontakt mit der Prägewalze kommt. Vorteilhafterweise wird gemäss Anspruch 5 die Torsion so eingestellt, dass die Faser nach Durchlaufen sämtlicher Prägezonen auf dem gesamten Umfang geprägt ist.

25

Die Ansprüche 7 bis 9 definieren besonders bevorzugte Ausgestaltungen der Vorrichtung zur Durchführung der erwähnten Verfahren. Gemäss Anspruch 7 beinhaltet die Prägestation eine einzelne Prägewalze sowie eine Mehrzahl von Anpresswalzen, welche so angeordnet sind, dass die einzelnen Prägezonen im Wesentlichen regelmässig über den Umfang der Prägewalze verteilt sind. Alternativ

30

beinhaltet die Prägestation nach Anspruch 8 eine einzelne Anpresswalze sowie eine Mehrzahl von Prägewalzen, welche so angeordnet sind, dass die einzelnen Prägezonen im Wesentlichen regelmässig über den Umfang der Anpresswalze verteilt sind. Gemäss Anspruch 9 ist ein jedes Paar bestehend aus Anpresswalze
5 und damit zusammenwirkender Prägewalze gegeneinander verschränkt angeordnet, wobei sich die zugehörige Prägezone in der Nähe der Abstandsstrecke zwischen Prägewalze und Anpresswalze befindet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

10 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher beschrieben, dabei zeigen:

- Fig. 1 eine Vorrichtung zur Oberflächenstrukturierung einer syntheti-
schen Faser, in perspektivischer Darstellung;
- 15 Fig. 2 einen Ausschnitt der Vorrichtung der Fig. 1, in einer Endansicht;
- Fig. 3 einen vergrösserten Ausschnitt der Vorrichtung der Fig. 1, in ei-
ner Endansicht;
- 20 Fig. 4 einen Ausschnitt einer weiteren Vorrichtung zur Oberflächen-
strukturierung, in einer Seitenansicht;
- Fig. 5 den Ausschnitt der Fig. 4, in Draufsicht;
- 25 Fig. 6 einen Ausschnitt noch einer weiteren Vorrichtung zur Oberflä-
chenstrukturierung; und
- Fig. 7 bis 9 elektronenmikroskopische Aufnahmen einer profilierten Polypro-
pylenfaser mit unterschiedlicher Vergrösserung.
- 30

Wege zur Ausführung der Erfindung

Aus Gründen der Anschaulichkeit sind in den nachfolgend erläuterten Figuren die Grössenverhältnisse teilweise stark abweichend von der Realität dargestellt. Insbesondere sind die bearbeiteten Fasern im Verhältnis zu den verschiedenen
5 Bauteilen stark vergrössert gezeigt.

Die in den Fig. 1 bis 3 dargestellte Vorrichtung zur Oberflächenstrukturierung einer synthetischen Faser 2 weist eine mit einer Führungsnut 3 versehene Umlenkrolle 4 sowie eine Prägestation 6 mit einer zentral angeordneten Prägewalze 8
10 sowie drei damit zusammenwirkenden Anpresswalzen 10, 10a und 10b auf. Wie den Fig. 1 und 2 zu entnehmen ist, sind die Anpresswalzen im Wesentlichen sternförmig um die Prägewalze angeordnet, wobei die Längsachsen 12, 12a, 12b der Anpresswalzen 10, 10a, 10b im Wesentlichen parallel zur Längsachse 14 der Prägewalze 8 ausgerichtet sind. Die Faser 2 wird mittels nicht näher dargestellter
15 Vortriebsmittel, beispielsweise mittels einer Vorrichtung zum Antrieb von einer oder mehrerer Walzen, durch die Prägestation 6 in Vortriebsrichtung V vorgetrieben.

Nebst den dargestellten Bestandteilen umfasst die Vorrichtung der Fig. 1 bis 3 insbesondere noch eine der Prägestation vorgelagerte Vorrichtung, um die Faser
20 in einem plastisch verformbaren Zustand bereitzustellen, sowie eine der Prägestation nachgeordnete Nachbehandlungsvorrichtung, mittels welcher die Faser in einen erstarrten Zustand gebracht wird.

25 Als Bereitstellungsverrichtung kann beispielsweise eine Aufwärmvorrichtung für eine kalt zugeführte Faser eingesetzt werden. Insbesondere kann die Aufwärmvorrichtung direkt in der Prägewalze 8 integriert sein, so dass die Faser 2 beim Kontakt mit der Prägewalze 8 in einen plastisch verformbaren Zustand gebracht wird, während die gegenüberliegenden, mit den Anpresswalzen zusammenwirkenden Teile der Faser 2 kühler sind und somit nicht verformbar sind. Dies hat
30 den Vorteil, dass die auf der Faseroberfläche gebildete Prägestruktur durch die

Anpresswalzen nicht zerstört wird. Alternativ kann die Faser direkt von einer Spinddüse abgezogen und noch in weichem Zustand in die Prägestation gebracht werden.

- 5 Als Nachbehandlungsvorrichtung wird eine an sich bekannte Kühlvorrichtung eingesetzt. Soll hingegen eine Faser aus einem thermisch oder UV-vernetzba-
ren Material geprägt werden, ist als Nachbehandlungsvorrichtung eine Aufheizstation beziehungsweise eine UV-Bestrahlungsstation vorzusehen. Zweckmässigerweise erfolgt die Bestrahlung unmittelbar im Anschluss an den Prägeschritt, wofür bei-
10 spielsweise eine transparente Prägewalze verwendet werden kann. Im Übrigen ist es auch möglich, eine Faser durch Eintauchen oder Besprühen mit einer Flüssigkeit zu belegen, um dadurch eine mit einem plastisch verformbaren Vorläuferpolymer versehene Oberfläche zu bilden. Des Weiteren kann auch eine mit einer dünnen Metallschicht versehene Polymerfaser geprägt werden, wobei letztere
15 zusammen mit der Metallschicht strukturiert wird und dabei das Metall die Form der geprägten Polymerfaser annimmt.

- Die Prägewalze 8 weist auf ihrer Mantelfläche 16 eine mikrolithographisch gebil-
dete Prägestruktur auf. Die Prägestruktur besteht aus einer Vielzahl von Struk-
20 turelementen in Form von Erhebungen und Vertiefungen, wobei die Höhen- und Seitenabmessung der kleinsten Strukturelemente, d.h. die so genannte Strukturfeinheit der Walzenoberfläche 10 µm oder auch wesentlich weniger, bis hin zu 100 nm oder noch kleiner beträgt. In letzterem Fall wären eigentlich anstelle von "Mikrolithographie" bzw. "mikrolithographisch" die Begriffe "Nanolithographie"
25 bzw. "nanolithographisch" angemessener, doch eine derartige Unterscheidung wird hier aus Gründen der einheitlichen Begriffswahl nicht vorgenommen.

- Als Prägewalzen werden vorteilhafterweise Metallstrukturen verwendet (Nickel, Stahl, Messing, Aluminium), da diese als Folien hergestellt werden können und
30 eine ausreichende mechanische Steifigkeit und Resistenz gegen Verformung aufweisen. Ausserdem sind Metallwalzen sehr temperaturstabil und kompatibel

mit den meisten vorhanden Abformwerkzeugen. Daneben können aber auch Silizium-, Glas-, Quarz oder Keramik-, Polymerwalzen und alle Arten von Verbundstempeln zum Einsatz kommen. Beispielsweise haben sich Metalleinsätze bewährt, bei denen das Oberflächenrelief durch eine dünne temperaturstabile
5 Polymerschicht gebildet wurde.

Für die Herstellung von Prägewalzen werden Verfahren bevorzugt, mit welchen Kopien von Stempeln herstellbar sind. Dies erlaubt es, bei Abnutzung oder Verschmutzung schnell eine andere Kopie verwenden zu können. Geeignete Kopier-
10 verfahren sind galvanische Abformung und Kunststoffabformung

Die gewünschten Reliefstrukturen werden mittels Lithographie (insbesondere Elektronenstrahl-, Laser- und Interferenzlithographie) hergestellt. Der Vorteil von CAD-gesteuerten Lithographien liegt darin, dass ein am Computer definiertes
15 Muster auf eine Oberfläche übertragen und dann durch Ätz-, Galvanik oder Metallisierungsprozesse in ein mechanisch beanspruchbares Material übergeführt werden kann.

Die Auflösung der Elektronenstrahlolithographie beträgt typischerweise bis ca. 50
20 nm lateral (Linienbreiten), mit Details im Bereich bis zu 10 nm, mit Aspektverhältnissen (= Verhältnis von Tiefe zu Höhe) um 1 bis maximal 5. Dabei ist vorteilhaft, dass eine an sich willkürliche laterale Strukturgebung möglich ist, d.h. es können beispielsweise spitz zulaufende Dreiecke, Ringe, Sterne oder Liniengitter verschiedener Tiefe, aber auch Sägezahnstrukturen im Sinne von Gittern mit in einer
25 Richtung variierender Tiefe hergestellt werden.

Zwischen der Prägewalze 8 und einer jeden Anpresswalze 10, 10a, 10b ist eine Prägezone 18, 18a, 18b für die Faser 2 definiert. Zu diesem Zweck ist ein jedes Paar zusammenwirkender Walzen so angeordnet, dass der Abstand zwischen
30 den Mantelflächen geringfügig kleiner als der Aussendurchmesser der durchgeführten Faser ist. Dies ist insbesondere aus der Fig. 3 ersichtlich, in der allerdings

der Faserdurchmesser D stark übertrieben dargestellt ist. Beim Durchgang durch die Prägezone 18 wird die Prägestruktur der Mantelfläche 16 in die Faser 2 gedrückt und führt zu deren plastischer Verformung. Demnach wird die Faser 2 mit einer Oberflächenstruktur 20 versehen, welche im Wesentlichen das Negative der Prägestruktur darstellt. Eine Erhebung der Prägestruktur führt also zu einer Vertiefung in der Oberflächenstruktur 20 der Faser 2, während umgekehrt eine Vertiefung der Prägestruktur zu einer Erhebung in der Oberflächenstruktur 20 der Faser 2 führt. Die so gebildete Oberflächenstruktur 20, nachfolgend auch als "Mikrostruktur" bezeichnet, wird aufgrund der anschliessenden Überführung in einen erstarrten Zustand des Fasermaterials beibehalten.

Die Vortriebsgeschwindigkeit für die Faser 2 beträgt beispielsweise ungefähr 0,1 bis 1 m/s. Es sind aber auch höhere Vortriebsgeschwindigkeiten von bis ungefähr 10 m/s oder noch mehr möglich.

Wie der Fig. 3 weiter zu entnehmen ist, lässt sich mit einem einmaligen Durchgang der Faser 2 durch eine einzelne Prägezone 18 eine streifenförmige Zone der Faseroberfläche mit der Mikrostruktur 20 versehen. Eine sich über den ganzen Umfang der Faseroberfläche erstreckende Strukturierung lässt sich durch eine Prägestation mit mehreren hintereinander geschalteten Prägezonen bewerkstelligen, wobei jede einzelne Prägezone auf einen bislang ungeprägten Teil der Faseroberfläche einwirkt. Grundsätzlich könnte hierfür eine Prägestation mit mehreren Prägewalzen verwendet werden, von denen eine jede auf einen anderen Sektor der Faseroberfläche einwirkt. Vorteilhafterweise wird jedoch die in den Fig. 4 bis 6 dargestellte Vorrichtung mit einer einzigen Prägewalze verwendet.

Wie den Fig. 4 und 5 zu entnehmen ist, weist die Vorrichtung eine Prägewalze 22 sowie eine darunter angeordnete Anpresswalze 24 auf, zwischen denen eine Prägezone 26 für die Faser 2 definiert ist. Die beiden Walzen sind um einen Winkel α verschränkt gegeneinander ausgerichtet, d.h. die Längsachse 28 der Prägewalze 22 und die Längsachse 30 der Anpresswalze 24 sind windschief zuein-

ander. Aus der Fig. 5 ist erkennbar, dass die beiden Längsachsen 28 und 30 in entgegengesetzter Richtung von der Normalen N zur Längsachse A der Faser 2 abweichen.

- 5 Beim Durchlaufen der Prägezone 26 erfährt die Faser 2 an der Oberseite 32 einen durch die Drehung der Prägwalze 22 definierten Vortrieb, wohingegen die Unterseite 34 einen durch die Anpresswalze 24 bestimmten Vortrieb erfährt. Aufgrund der verschränkten Drehachsen weisen die beiden Vortriebsvektoren entgegengesetzte Lateralkomponenten auf, d.h. an der Faseroberseite 32 wirkt eine
10 obere Lateralkomponente V_O , während an der Faserunterseite 34 eine untere Lateralkomponente V_U wirkt. Dies führt zu einer Torsion der Faser 2, welche in der Fig. 4 im Gegenuhrzeigersinn verläuft.

- Der in den Fig. 4 und 5 illustrierte Torsionseffekt lässt sich dahingehend umsetzen, dass die Faser beim Durchlaufen einer Prägestation mit mehreren Prägezo-
15 nen stets einen bislang ungeprägten Teil der Faseroberfläche in Kontakt mit der Prägwalze bringt. Dies ist in der Fig. 6 illustriert, welche eine Prägestation 36 mit drei aufeinander folgenden Prägezonen 26, 26a und 26b aufweist. Die Prägesta-
tion 36 ist hier in einer Abwicklungsdarstellung gezeigt, d.h. es liegt eine einzige
20 Prägwalze 22 mit drei zugeordneten, sternförmig um diese angeordneten Anpresswalzen 24, 24a und 24b vor. Somit ist die Prägestation 36 mit Ausnahme der verschränkten Walzenanordnung gleich ausgestaltet wie diejenige der Fig. 1.

- Die Faser 2 tritt zunächst in die erste Prägezone 26 ein und wird dort mit einem
25 ersten mikrostrukturierten Streifen 38 versehen. Aufgrund der Torsionsbewegung ist dieser erste Streifen in Gegenuhrzeigerrichtung von der Faseroberkante verschoben. Beim anschliessenden Durchgang durch die zweite Prägezone 26a wird ein zweiter mikrostrukturierter Streifen 38a gebildet, und gleichzeitig wird eine weitere Torsion der Faser und damit auch des ersten Streifens 38 hervorgeru-
30 fen. Somit wird der zweite Streifen 38a neben dem ersten Streifen 38 gebildet. In gleicher Weise wird in der dritten Prägezone 26b ein dritter mikrostrukturierter

Streifen 38b gebildet, der aufgrund einer nochmals weiteren Torsion neben dem zweiten Streifen 38a entsteht.

5 In Abhängigkeit des Verschränkungswinkels α sowie der Reibung zwischen den Walzen und der Faser wird beim Durchgang durch eine Prägezone eine unterschiedlich grosse Torsion hervorgerufen. Insbesondere kann diese so eingestellt werden, dass die einzelnen mikrostrukturierten Streifen direkt aneinander angrenzend, gewünschtenfalls auch einander teilweise überlappend gebildet werden.

10

Wie der Fig. 6 weiter zu entnehmen ist, lässt sich eine Mikrostrukturierung der Faser auf ihrem ganzen Umfang dadurch erreichen, dass eine genügende Anzahl von Prägezonen durchlaufen wird. Zweckmässigerweise wird dies nicht durch eine entsprechend hohe Anzahl von Anpresswalzen bewerkstelligt, sondern es
15 wird vielmehr die Faser 2 schraubenförmig mit mehreren Windungen um die Prägewalze gelegt, wie dies in der Fig. 1 für eine einzelne Windung angedeutet ist. Beispielsweise lässt sich mit drei Anpresswalzen und drei Windungen um die Prägewalze eine Anzahl von neun Prägedurchgängen erzielen. Eine praktische Limitierung dieses Prinzips ergibt sich unter anderem dadurch, dass bei einer
20 Anordnung mit verschränkten Walzen die zwischen zwei Walzen definierbaren Prägezonen in der Nähe der Abstandsstrecke zwischen Prägewalze und Anpresswalze sein müssen, d.h. es kann lediglich ein mittiger Bereich der jeweiligen Walzen für den Prägeprozess benutzt werden, wobei dieser Bereich umso schmaler ist, je grösser der Verschränkungswinkel α ist.

25

Alternativ zum beschriebenen Verfahren mit gegeneinander verschränkten Walzenpaaren lässt sich eine Rundum-Prägung der Faser auch dadurch erreichen, dass die Faser im Bereich zwischen zwei Prägezonen mittels einer gesonderten Torsionsvorrichtung, beispielsweise ein parallel zur Längsachse der
30 Faser ausgerichtetes Walzenpaar, verdrillt wird.

Anstelle der oben beschriebenen Vorrichtungen mit einer einzelnen Prägewalze ist es ebenso möglich, mehrere Prägewalzen vorzusehen. Insbesondere kann analog zur Anordnung der Fig. 1 und 2 anstelle der zentralen Prägewalze 8 eine zentrale Anpresswalze und anstelle der drei Anpresswalzen 10, 10a und 10b eine Anordnung von drei mit der zentralen Anpresswalze zusammenwirkenden Prägewalzen vorgesehen werden.

Ausführungsbeispiel

Eine nicht profilierte Polypropylenfaser mit einem Durchmesser von 100 µm wurde mit einer mikrolithographisch geprägten zylindrischen Prägewalze mit einem Aussendurchmesser von 5 cm sowie einer damit zusammenwirkenden Anpresswalze einem einzelnen Prägedurchgang unterzogen. Das so gebildete Erzeugnis ist in den Fig. 7 bis 9 abgebildet. Die Faser mit Längsachse A weist einen spiralförmig umlaufenden mikrostrukturierten Streifen 38 auf, der eine Vielzahl von Vertiefungen 40 mit einer Feinheit von ungefähr 1.5 µm aufweist.

Vorteile und Anwendungen

Die mit dem beschriebenen Verfahren herstellbaren Fasern ermöglichen die nachfolgend aufgeführten Vorteile und Anwendungen.

20

- Feuchtigkeitsaufnahme bzw. Feuchtigkeitsanlagerung

Dadurch können Textilien entwickelt werden, die sehr viel Feuchtigkeit an der Oberfläche anlagern aber trotzdem sehr rasch trocknen können.

25 - Feuchtigkeitsaufnahme und Verdunstungskälte

Durch die Aufnahme von Schweiß und anschließender Verdunstung können Fasern zur aktiven Kühlung verwendet werden (Sporttextilien). Je höher die Faseroberfläche, desto höher der Kühleffekt.

30 - Haftbarkeit von Appreturen oder Beschichtungen

Viele Fasern haben eine sehr schlechte Haftbarkeit und können dadurch

nicht oder kaum appretiert bzw. beschichtet werden. Durch eine flächige Mikrostrukturierung können Appreturen oder Beschichtungen an Fasern gebracht werden, die an unstrukturierten Fasern nicht oder nur schlecht haften.

5 - Filzbare Synthefasern

Die Herstellung von Faser-Vlies ist sehr aufwändig. Durch eine Sägezahnstruktur auf der Faser können ähnliche Verfahren zur Vliesherstellung verwendet werden wie bei der Filzherstellung mit Wolle.

10 - Verbesserung der Spinnbarkeit (Fadenherstellung)

Die Faser-Faser-Haftung ist ein wesentlicher Faktor für die Spinnbarkeit. Fasern, die nicht oder schlecht aneinander haften, können nicht oder nur in ungenügender Feinheit versponnen werden. Durch eine flächige Mikrostrukturierung lassen sich erstens bisher unspinnbare Fasern verspinnen und zweitens wesentlich feinere Spinngarne als bisher erzeugen.

- Haftbarkeit für Zellen (medizinische Anwendung)

Das Zellwachstum auf flächig mikrostrukturierten Fasern wird besser möglich und lässt sich vermehrt steuern, beispielsweise bezüglich der Wachstumsrichtung.

- Faserverbundwerkstoffe

Durch die Erhöhung der Faserhaftung können wesentlich stabilere Faserverbundwerkstoffe als bisher hergestellt werden.

- Optische Effekte

Wird auf eine an sich transparente Faser ein periodisches Prägemuster angebracht, bei dem der Abstand sich wiederholender Merkmale kleiner als die Wellenlänge von Licht ist, ergeben sich Farbfiltereffekte aufgrund der Lichtbeugung. Bei grösseren Abständen werden Regenbogenfarben sichtbar.

- Lichtsammelfasern
Licht, das auf eine Faser aus transparentem Material trifft, wird gewöhnlich fast vollständig transmittiert. Ist jedoch die Faser mit einem periodischen Prägemuster versehen, kann das Licht in die Faser hinein gebrochen beziehungsweise gebeugt werden. Dies kann beispielsweise zum Sammeln von Licht für photovoltaische Anwendungen oder zur Erzeugung von Fluoreszenz in der Faser, beispielsweise in der Bekleidungsmode, genutzt werden.
- Sicherheitsmerkmale
Prägemuster können auf Fasern beispielsweise zur Kennzeichnung des Herstellers oder für anderweitige Identifikationsfunktionen angebracht werden.

Bezugszeichenliste

| | | |
|----|----------------|------------------------------|
| | 2 | Faser |
| | 3 | Führungsnut |
| 5 | 4 | Umlenkrolle |
| | 6 | Prägestation |
| | 8 | Prägewalze |
| | 10, 10a, 10b | Anpresswalze |
| | 12, 12a, 12b | Längsachse von 10, 10a, 10b |
| 10 | 14 | Längsachse von 8 |
| | 16 | Mantelfläche von 8 |
| | 18, 18a, 18b | Prägezone |
| | 20 | Oberflächenstruktur von 2 |
| | 22 | Prägewalze |
| 15 | 24, 24a, 24b | Anpresswalze |
| | 26, 26a, 26b | Prägezone |
| | 28 | Längsachse von 22 |
| | 30, 30a, 30b | Längsachse von 24, 24a, 24b |
| | 32 | Faseroberseite |
| 20 | 34 | Faserunterseite |
| | 36 | Prägestation |
| | 38 | mikrostrukturierter Streifen |
| | 40 | Vertiefung |
| | A | Faserlängsachse |
| 25 | D | Faserdurchmesser |
| | N | Normale zu A |
| | V | Vortriebsrichtung |
| | V _O | obere Lateralkomponente |
| | V _U | untere Lateralkomponente |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Oberflächenstrukturierung einer synthetischen Faser, wobei eine im Wesentlichen zylinderförmige Faser (2) durch plastisches Verformen mit einer vorgegebenen Oberflächenstruktur (20) ausgestattet wird, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:
- a) Bereitstellen der Faser (2) in einem plastisch verformbaren Zustand;
- b) plastisches Verformen der Faser (2) durch Prägen mittels mindestens einer mikrolithographisch strukturierten Prägewalze (8; 22), die mit mindestens einer Anpresswalze (10, 10a, 10b; 24, 24a, 24b) zusammenwirkt, wobei jede Prägewalze und eine jede Anpresswalze eine dazwischen liegende Prägezone (18, 18a, 18b; 26, 26a, 26b) für die Faser (2) definieren, und wobei jede Prägewalze eine Strukturfeinheit von höchstens 10 μm aufweist; und
- c) Überführen der Faser (2) in einen erstarrten Zustand unter Beibehaltung der ausgebildeten Oberflächenstruktur (20).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Faser (2) durch eine Mehrzahl von Prägezonen (26, 26a, 26b) geführt wird, wobei in jeder Prägezone ein bislang ungeprägter Teil der Faseroberfläche geprägt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Faser (2) schraubenförmig mit einer Mehrzahl von Windungen um die Prägewalze (16) geführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass Prägewalze (22) und Anpresswalze (24, 24a, 24b) mit gegeneinander ver-

schränkten Drehachsen (28; 30, 30a, 30b) betrieben werden, um dadurch eine Torsion der durchlaufenden Faser (2) zu bewirken.

- 5 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Torsion so eingestellt wird, dass die Faser (2) nach Durchlaufen sämtlicher Prägezonen (26, 26a, 26b) auf dem gesamten Umfang geprägt ist.
- 10 6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit Vortriebsmitteln für mindestens eine Faser (2) sowie mit folgenden, in Vortriebsrichtung (V) nacheinander angeordneten Bestandteilen:
- a) Vorrichtung zur Bereitstellung der Faser (2) in einem plastisch verformbaren Zustand;
- 15 b) Prägestation (6; 36); und
- c) Nachbehandlungsvorrichtung zur Überführung der Faser in einen erstarrten Zustand;
- 20 wobei die Prägestation (6; 36) mindestens eine mit einer mikrolithographisch gebildeten Prägestruktur versehene Prägewalze (8; 22) sowie mindestens eine damit zusammenwirkende Anpresswalze (10, 10a, 10b; 24) aufweist, wobei die Prägewalze eine Strukturfeinheit von höchstens 10 µm aufweist, wobei die Prägewalze (8; 22) und eine jede Anpresswalze (10, 10a, 10b; 24) eine dazwischen liegende Prägezone (18, 18a, 18b; 26) für die Faser definieren.
- 25 7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Prägestation (6) eine einzelne Prägewalze (8) sowie eine Mehrzahl von Anpresswalzen (10, 10a, 10b) beinhaltet, welche so angeordnet sind, dass die einzelnen
- 30

Prägezonen (18, 18a, 18b) im Wesentlichen regelmässig über den Umfang der Prägewalze (8) verteilt sind.

- 5 8. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Prägestati-
on eine einzelne Anpresswalze sowie eine Mehrzahl von Prägewalzen bein-
hält, welche so angeordnet sind, dass die einzelnen Prägezonen im We-
sentlichen regelmässig über den Umfang der Anpresswalze verteilt sind.
- 10 9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet,
dass ein jedes Paar bestehend aus Anpresswalze (24, 24a, 24b) und damit
zusammenwirkender Prägewalze (22) gegeneinander verschränkt angeord-
net ist, wobei sich die zugehörige Prägezone (26, 26a, 26b) in der Nähe der
Abstandsstrecke zwischen Prägewalze (22) und Anpresswalze (24, 24a, 24b)
befindet.
- 15 10. Faser mit rundum verlaufender, flächig profilierter Oberflächenstruktur, her-
gestellt nach einem Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 5.